



# 量子力学

について調べる



## ★ 関連キーワード

- シュレディンガー方程式
- 正準量子化
- スピン角運動量

## 「Paste (はすて)」とは？

ぱっと分かって、すっと頭に入る、テーマ別調べ方ガイドです。みなさんの学習をサポートする、総合図書館ラーニング・サポーター（LS）による作成です。レポート作成の際などにお役立てください

## 1. イントロダクション

### 1-1. 「量子力学」とは？

我々の周りの身近な物理現象はニュートン力学によって上手く説明されているが、目に見えないミクロな世界での物理法則は量子力学によって記述される。多くの物理学者によって 20 世紀初頭に完成させられたこの量子力学は、この世界のしくみを説明するより根本的な理論として、相対性理論と並び現代物理学の柱となっている。量子力学においては、身の回りの物質を構成する原子や分子などが確率の波として表現され、それらはシュレディンガー方程式に従って時間発展する。このような確率の波として振る舞う性質や、スピンと呼ばれる量子力学特有の自由度により、ニュートン力学では絶対に説明できない現象が起こる。「初めて量子力学を学んだ時に何も疑問に思わないのならば、量子力学を分かっているということだ」というボーアの有名な言葉の通り、量子力学では日常的に受け入れがたい概念が多々登場し頭を悩ませるが、物理学の基礎としてしっかり理解することが大切である。

量子力学の適用範囲は広く、より根源的な学問である素粒子物理学ならびに物質の巨視的な性質の起源を調べる物性物理学、および化学や生物学にまで応用される。さらに、近年の量子コンピュータの台頭により、量子力学の情報理論としての側面にも注目がされており、ますます重要性が増しつつある学問である。

### 1-2. 学習するにあたってのポイント

基礎的な理論体系そのものから工学、情報系への応用など、量子力学の適用範囲は広い。そのためそれぞれの専攻によって重点を置いて学習する内容が異なる。しかし、量子力学は確率の考え方が根本にあるため、いずれにおいても確率論をある程度知っておくのが望ましい。また登場する方程式は微分演算子を含んだ微分方程式であるため、フーリエ解析やベクトル解析および線形斉次微分方程式の知識があると学習がスムーズである。基本的な理論体系を理解したいのであれば、ラグランジュ形式やハミルトン形式の力学(解析力学)や線形代数学の知識が必須である。以下では学習の参考になる資料について紹介する。

### 1-3. 一般向けに書かれた資料・読み物

#### ■ 量子力学と私 / 朝永振一郎著

量子力学の歴史とそれからの発展、また中間子論でノーベル賞を受賞した湯川秀樹との関係なども含め、著者の人生が生き生きと描かれている。

【書誌 ID=2003207452】総合図-A 棟 3 階 文庫・新書 089||IB||311521

## 2. 学習用資料

### 2-1. 事典・ハンドブック 類

#### ■ 岩波数学公式 / 森口繁一, 宇田川銈久, 一松信著

数学の公式集。手元に置いておくと便利。

【書誌 ID=1002104161】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 410.38||IWA||1~3

## ■ 基礎物理数学 / ジョージ・アルフケン, ハンス・ウェーバー著

全4巻からなる数理物理の有名な本。特にVol.3「特殊関数」は、量子力学に登場する微分方程式を解く上で役に立つ。理論物理学の具体的な問題を中心に数学の説明がなされており、物理学全体を概観するのにもよい。

【書誌 ID=1003114207】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.4||ARF||1~4

## 2-2. 最初に読むべき資料: 教科書・古典

---

### ■ 量子力学 / 猪木慶治, 川合光著

1巻では基本的なシュレディンガー方程式の取り扱いからブラケット表示、ハイゼンベルグ形式や対称性といった基礎的な概念を取り扱っている。2巻では半古典近似、摂動論、ディラック方程式、経路積分や第二量子化といった発展的な内容を広く扱っている。本文中の例題が豊富で、理解を深めるのに役立つ。院試対策にもよい。

【書誌 ID =2003090032】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 429.1||IGI||1

### ■ 量子力学 / ファインマン [ほか] 著 ; 砂川重信訳(ファインマン物理学; 5)

ノーベル賞で有名なファインマンの書いた教科書。いい意味で砕けた説明がなされており、読み物として読んでも面白い。

【書誌 ID= 2002071357】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421||FEY||5

## 2-3. 最新情報が確認できる資料: 主要雑誌・年鑑・Web ページ

---

量子力学は現代物理の基礎となる理論であるため、最先端の研究を理解するにはさらに進んだ理論の知識が必要であることが多い。しかし量子基礎論を始めとして、いまだに純粋な量子力学の話で完結した研究も数多くある。意欲があれば最新の研究がどんなものなのかについて、以下に挙げる資料を参考に調査すると良いかもしれない。

### ■ Physical Review Letters

アメリカ物理学会発行。物理学の有名なジャーナルの1つ。カテゴリがアルファベットで分けられており、さまざまな分野の論文が出版されている。大阪大学図書館 OPAC からアクセス可能。

【ISSN= 1079-7114】【書誌 ID=OJ00000561】電子ジャーナル

### ■ arXiv (<https://arxiv.org/list/quant-ph/new>)

査読を受ける前の最新の論文(プレプリント)がチェックできる web サイト。量子力学に関する最新の研究は"quant-ph"というカテゴリにある。

### ■ Inspire HEP (<https://inspirehep.net/>)

主に高エネルギー物理学の論文やプレプリント(上記 arXiv を含む)を検索できる。arXiv カテゴリで検索をかけることもできる。

## 2-4. その他専門書・学術論文等で注目すべきもの

---

### ■ 量子力学 / 砂川重信著

基本的な量子力学の体系から量子電磁力学まで説明されており、さらに進んだ理論である量子場の理論への繋がりによい。著者は大阪大学出身。

【書誌 ID= 2002611143】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 429.1||SUN

### ■ 現代の量子力学 / J.J. Sakurai (桜井純) 著

シュテルンゲルラッハの実験に始まり、現代的な順番で説明がなされている。ブラケットやスピンの概念が最初から出てくるため 2、3 冊目に読むとよい。日本語訳版。

【書誌 ID= 2004326029】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.3||SAK||1~2

### ■ 量子論の基礎 : その本質のやさしい理解のために / 清水明著

量子力学の公理的な枠組み、理論体系の基礎付けについて焦点を当てた教科書。ベルの不等式の破れなど、量子論が古典論と決定的に異なる点についても詳しく述べられている。

【書誌 ID= 2003618638】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 420.8||SHI||#2

### ■ スピンはめぐる : 成熟期の量子力学 / 朝永振一郎 [著]

量子電磁力学の仕事でファインマンらと共にノーベル物理学賞を受賞したことで有名な著者によって、量子力学のなりたちと発展について物語風に描かれている。小説として読むには少し難解であるため、基礎的な知識を勉強してから読むと良い。

【書誌 ID= 2002166226】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.3||TOM

### ■ 量子力学とコンピュータ科学 / Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang 共著

全 3 巻からなる量子情報分野の有名な入門書。1 巻の 2 章には量子情報を学ぶ上で必要な量子力学の説明がまとまっており、一度体系を学習した後に読むと理解が整理される。

【書誌 ID= 2003704980】総合図-A 棟 3 階 学習用図書 007.1||NIE||1

### ■ 入門 現代の量子力学 量子情報・量子測定を中心として / 堀田昌寛著

多くの入門書とは異なり、歴史的順序を辿らない形式で書かれた入門書。量子力学について情報理論的な観点から解説されており、量子もつれや混合状態など量子情報分野で頻出の概念についての記述が豊富である。

【書誌 ID= 2004526683】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.3||HOT

### ■ Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

A. Einstein, B. Podolsky, and N. Rosen, Phys. Rev. 47, 777

<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.47.777>

アインシュタイン=ポドルスキ=ローゼンのパラドックスとして有名な論文。量子力学が局所的な実在論であるとするすると相対性理論と矛盾することが知られている。現在ではベルの不等式の破れの実験的検証からこの前提が否定され、矛盾そのものが誤りであったことが分かっている。Physical

Review Journals Archive にて無料で閲覧できる。

## 2-5. 有用なナビゲートツール: ブックガイド・リンク集

### ■ EMAN の物理学 (<https://eman-physics.net/quantum/contents.html>)

趣味で物理学の解説をしている WEB サイト。記事は出版物ではないため注意が必要であるが、幅広い物理の分野について入門的な解説がされており、教科書に書かれている基礎概念程度であれば参考になる。

## 3. レポート・論文執筆用資料

### 3-1. 有用な検索キーワード

- ◆ 主要キーワード: 量子力学/quantum mechanics
- ◆ 関連キーワード: シュレディンガー方程式/正準量子化/ハイゼンベルグ形式/スピン角運動量/対称性/摂動論/同種粒子/第 2 量子化/経路積分
- ◆ 補助キーワード: ド・ブロイ波/交換関係/不確定性原理/直交系/完全系/調和振動子/ブラケット表示/ユニタリ変換/エルミート演算子/水素原子/コペンハーゲン解釈

### 3-4. レポート・論文の書き方、学び方、引用・参考文献の書き方

#### ■ LATEX2 $\epsilon$ 美文書作成入門 / 奥村晴彦, 黒木裕介著(改訂第 8 版)

数式を含んだレポートや論文を書くのに必須である LaTeX の入門書。ハンドブックとしても使える。

【書誌 ID=2004511168】 総合図-A 棟 2 階 アカデミック・スキル・コーナー 021.49||OKU

#### 本文中で紹介している図書・雑誌について

図書名・雑誌名の後ろに「書誌 ID」(10桁の数字)の記載があるものは大阪大学で所蔵しています。この10桁の数字で大阪大学 OPAC(蔵書検索システム)が検索できます。

